

Examiner's Gps

AN 1995:886309 HCAPLUS
DN 123:262887
TI Manufacture of high-strength springs by using a two-stage shot peening
IN Ishikawa, Juji; Izawa, Yoshinobu
PA Togo Seisakusho Kk, Japan
SO Jpn. Kokai Tokkyo Koho, 6 pp.
CODEN: JKXXAF
DT Patent
LA Japanese
FAN.CNT 1

	PATENT NO.	KIND	DATE	APPLICATION NO.	DATE
PI	JP 07214216	A2	19950815	JP 1994-6302	19940125 <--
AB	A high-strength spring is manufd. by drawing, quenching, tempering, and electrolytically polishing a steel wire followed by low-temp. annealing, nitriding, shot peening, and low-temp. annealing. The shot peening is conducted in 2 stages with the size of shot used at the 2nd stage being less than that of the shot used in the 1st stage. The springs having high strength and fatigue resistance are used as valve or clutch springs for automobile engines.				

d his

(FILE 'HOME' ENTERED AT 12:12:14 ON 21 MAR 2002)

FILE 'HCAPLUS' ENTERED AT 12:12:24 ON 21 MAR 2002

E JP07214216/PN
L1 1 E3
E JP05177544/PN
E JP02017607/PN
E JP09279229/PN
E JP10118930/PN
E JP01083644/PN
L2 1 E3
E JP05339763/PN
L3 1 E3
E ISHIDA MASAACKI/IN,AU
L4 43 E3-4
E UZUMAKI KAZUHIRO/IN,AU
L5 1 E3-4
E ISONO YUJI/IN,AU
E TERATOKO KEIICHIRO/IN,AU
L6 1 E3-4
E YAMADA YOSHIRO/IN,AU
L7 59 E3-4
E SUZUKI HIROSHI/IN,AU
L8 2501 E3-4
E SASADA HIRONOBU/IN,AU
L9 2602 L4 OR L5 OR L6 OR L7 OR L8
L10 2 L9 AND PEEN?
SELECT L10 IPC 1-2
L11 182497 E1-11
L12 456 L11 AND PEEN?
L13 74 L12 AND NITRID?

FILE 'ZCA' ENTERED AT 12:21:50 ON 21 MAR 2002

FILE 'STNGUIDE' ENTERED AT 12:32:06 ON 21 MAR 2002

FILE 'HCAPLUS' ENTERED AT 12:46:31 ON 21 MAR 2002

L14 382 L12 NOT L13
L15 1622462 DIA?
L16 70 L14 AND L15
L17 487208 STAGE?
L18 13 L14 AND L17

FILE 'ZCA' ENTERED AT 12:52:43 ON 21 MAR 2002

FILE 'CAPLUS' ENTERED AT 13:04:59 ON 21 MAR 2002

FILE 'ZCA' ENTERED AT 13:05:46 ON 21 MAR 2002

FILE 'CAPLUS' ENTERED AT 13:14:35 ON 21 MAR 2002

L19 303 L14 NOT (L16 OR L18)
L20 44 L19 AND (DIA? OR SPRING)

MANUFACTURE OF HIGH-STRENGTH SPRING

Patent Number: JP7214216
Publication date: 1995-08-15
Inventor(s): ISHIKAWA YUJI; others: 01
Applicant(s):: TOUGOU SEISAKUSHO:KK
Requested Patent: ☐ JP7214216
Application Number: JP19940006302 19940125
Priority Number(s):
IPC Classification: B21F35/00 ; C21D9/02 ; F16F1/02
EC Classification:
Equivalents:

Abstract

PURPOSE:To improve fatigue resistance and durability by successively applying coiling formation low temp. annealing, bearing surface grinding, gas nitriding, shot peening and low temp. annealing to a steel wire rod.
CONSTITUTION:The steel wire rod is cold drawn and, after that, an oil tempered steel wire is formed by executing quenching and tempering treatment. A coiled spring is formed by cold coiling it after electrical polishing. After annealing the coiled spring at a lower temp., the bearing surfaces are ground. After that, gas nitriding is applied. Then, shot peening is executed. Next, low temp. annealing is executed. These stages are successively executed. The shot peening is constituted of 1st shot peening and 2nd shot peening in which shots having diameters smaller than them used in the 1st shot peening are used. In this way, compressive residual stress is imparted to a deeper part.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-214216

(43) 公開日 平成7年(1995)8月15日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
B 2 1 F 35/00	A			
C 2 1 D 9/02	A			
F 1 6 F 1/02	B	8917-3 J		
// C 2 3 F 1/28		8417-4 K		
C 2 5 F 3/24				

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平6-6302

(22) 出願日 平成6年(1994)1月25日

(71) 出願人 000151597

株式会社東郷製作所

愛知県愛知郡東郷町大字春木字蛭池1番地

(72) 発明者 石川 裕二

愛知県愛知郡東郷町大字春木字蛭池1番地

株式会社東郷製作所内

(72) 発明者 伊沢 佳伸

愛知県愛知郡東郷町大字春木字蛭池1番地

株式会社東郷製作所内

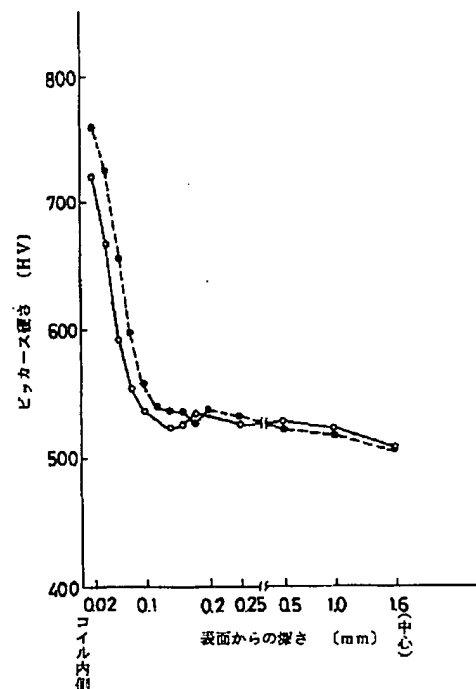
(74) 代理人 弁理士 大川 宏

(54) 【発明の名称】 高強度ばねの製造方法

(57) 【要約】

【目的】 耐疲労性の高いばねを製造する。

【構成】 鉄鋼線材を電解研磨した後、コイルリング成形、窒化処理、ショットピーニングを順次おこないコイルに高い残留応力を付与して高い耐疲労性をもつコイルばねの製造方法。鉄鋼線材を電解研磨しているので窒化の妨げとなる黒皮が除かれ、効果的に窒化が達成される。また、表面傷も電解研磨で除かれるので傷による折損も防止できる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 線引き後焼入れ、焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、低温焼鈍、座面研削、ガス窒化その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴とする高強度ばねの製造方法。

【請求項2】 ショットピーニングは、第1ショットピーニングと、該第1ショットピーニングで使用したショットより小さい径のショットを使用して行う第2ショットピーニングとからなる請求項1記載の高強度ばねの製造方法。 10

【請求項3】 線引き後焼入れ、焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、脱脂、ガス窒化、座面研削その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴とする高強度ばねの製造方法。

【請求項4】 ショットピーニングは、第1ショットピーニングと、該第1ショットピーニングで使用したショットより小さい径のショットを使用して行う第2ショットピーニングとからなる請求項3記載の高強度ばねの製造方法。 20

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、自動車用エンジンに使用される弁ばね、あるいはクラッチ用ばねなどの高強度高耐疲労ばねの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 高強度ばねを製造する方法としては、引張り強度が高いオイルテンパー線を使用してコイルリング成形、熱処理、研削、ショットピーニングによる残留応力付与処理をし、その後研磨処理して表面最大粗さを低減させる各工程を実施する方法が知られている。また特開平3-310439号公報には、鉄鋼線材をコイルリング成形、熱処理、窒化処理、ショットピーニングを順次行うコイルばねの製造方法において、該ショットピーニングを、第1ショットピーニング工程と、その後の低温焼なまし工程、該第1ショットピーニング工程で使用したショットより小さい径のショットを使用して行う第2ショットピーニング工程とからなるばねの製造方法が記載されている。さらに特開平4-367346号公報には、ばね用鉄鋼線材を線引き後焼入れ焼戻しを行った鉄鋼線を、電解研磨又は化学研磨によって表面粗さを、JIS B-0601の十点平均粗さ(R_a)にて5μm以下に仕上げ、さらにばねに成形する前または後にショットピーニング処理を施す耐疲労性に優れたばねが記載されている。 30 40

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 自動車用エンジンの高出力化及び車体の軽量化のため、エンジン用部品であるコイルばねに、高強度性および高耐疲労性が要求されて 50

いる。このコイルばねには、ばね用鉄鋼線材を線引き後焼入れ焼戻しを行ったオイルテンパー線が利用されている。

【0004】 従来のコイルばねの製造方法は、このオイルテンパー線を使用してコイルリング成形、熱処理、研削、窒化、ショットピーニングを順次行っている。しかしこのオイルテンパー線の製造段階にて発生する酸化皮膜が窒化までばねの表面に残っているため、窒化の前にその酸化皮膜を除去する必要がある。しかし従来の方法では酸化皮膜を十分に除去する事が出来ないためガス窒化が効果的に行えないという問題がある。

【0005】 またオイルテンパー線には、その製造段階にて発生する微小な疵や脱炭層を有している。それらの問題を解決するために、電解研磨又は化学研磨によって表面粗さをJIS B-0601の十点平均粗さ(R_a)にて5μm以下に仕上げ、さらにばねに成形する前または後にショットピーニング処理を施している。しかし従来の方法では、ショットピーニングの前に窒化処理していないため表面の粗さが増してしまうという問題もある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明者らは、耐疲労性を高める手段及び強度を高める方法を十分検討した結果、オイルテンパー線に電解研磨を施した鉄鋼線材を用いて、コイルリング成形、低温焼鈍、座面研削、ガス窒化、その後ショットピーニング、低温焼鈍を順次行う事により高強度高耐疲労のばねが形成できることを見出した。さらに上記鉄鋼線材を用いてコイルリング成形後、脱脂、ガス窒化、座面研削、ショットピーニング、低温焼鈍を順次行う事によっても高強度高耐疲労のばねが形成できることを見出した。そしてこのショットピーニングは、第1ショットピーニングと、その第1ショットピーニングで使用したショットより小さい径のショットを使用して行う第2ショットピーニングを組み合わせることがより効果的であることも見出した。本発明はかかる知見に基づいて完成されたものである。

【0007】 すなわち、本第一発明の高強度ばねの製造方法は、線引き後焼入れ、焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、低温焼鈍、座面研削、ガス窒化その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴とする。また、本第二発明の高強度ばねの製造方法は、線引き後焼入れ、焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、脱脂、ガス窒化、座面研削その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴とする。

【0008】 これら第一発明と第二発明とを合わせて本発明として説明する。本発明の高強度コイルばねの製造方法に使用される線材は、バナジウムやシリコンを含む合金鋼が好ましく、この線材は窒化により表面部が窒化されて表面部の硬度が高くなる鉄鋼線材である。この鉄

鋼線材は、冷間伸線により線引き後、硬度を高めるために焼入れ焼もどしを施し、電解研磨処理を施して電解研磨オイルテンパー線とする。この電解研磨オイルテンパー線は表面が研磨されているので微細な疵が殆どない。次いでこの電解研磨オイルテンパー線は、ばね状に成形するコイルリングを施され、低温焼鈍処理によりばねに生じている残留応力や残留歪みが除去され、その後座面研削が施される。

【0009】これらの工程が終わった電解研磨オイルテンパー線は窒化処理される。この窒化は、従来と同じもので例えばアンモニア雰囲気中に420から550℃で2から6時間処理することにより所定の窒化層を形成できる。得られる窒化処理層は電解研磨を施していない従来のオイルテンパー線よりも硬い表面が形成でき、JIS規格である従来材のSWOSC-V鋼材よりも硬い表面が形成できる。

【0010】また窒化により表面のみならず内部に圧縮残留応力が形成され、耐疲労度が増す。本発明の電解研磨オイルテンパー線は、電解研磨を施していない従来のオイルテンパー線よりもより深くより強く圧縮残留応力が形成される。又従来材のSWOSC-V鋼材よりも今回使用した合金鋼のほうが、より深くより強く圧縮残留応力が形成される。

【0011】ショットピーニング工程では、表面部が窒化処理されて硬化したコイルばねの表面にショットを打ちつけ、表面から内深部に圧縮残留応力を付与する。この、ショットピーニング工程では、通常径が0.6～1.0mmのもので硬さがHvで600～800の範囲のものを使用する。内深部に圧縮残留応力を付与するには強いショットピーニングを行う必要がある。しかし強いショットピーニングを行うと、表面近くの圧縮残留応力の付与が不十分になる傾向にある。このため、ショットピーニング工程を、第1ショットピーニング工程と第2ショットピーニング工程からなる2段階で実施するのが好ましい。第1ショットピーニング工程で使用するショットは、通常径が0.6～1.0mmのもので硬さがHvで600～800の範囲のものを使用して、内部の深い位置まで圧縮残留応力を形成するようにするのが好ましい。また第2ショットピーニング工程では、第1ショットピーニング工程より弱く、使用するショットは通常径が0.05～0.2mm程度のもので硬さがHvで700～900の範囲のものを使用するのが良い。この弱いショットで表面部の圧縮残留応力が効果的に形成される。

【0012】その後、低温焼鈍を行い異常な応力を緩和させ、圧縮残留応力を安定させて高耐疲労で高強度のばねを製造する。第二発明では、第一発明の低温焼鈍工程に代えて脱脂工程を実施する。この場合にも、本発明の電解研磨オイルテンパー線のほうが、従来の電解研磨を施していないオイルテンパー線よりも、硬い表面が形成

できる。また、脱脂工程の後に窒化工程が実施され、その後で座面研削が実施される。その他の工程は第一発明の工程と同じである。

【0013】

【作用】本第一発明の高強度ばねの製造方法では、線引き後焼入れ焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、低温焼鈍、座面研削、ガス窒化その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴としている。又本第二発明の高強度ばねの製造方法では、線引き後焼入れ、焼戻しを行い、その後電解研磨を施した鉄鋼線材にコイルリング成形、脱脂、ガス窒化、座面研削その後、ショットピーニング、低温焼鈍を順次おこなうことを特徴としている。

【0014】いずれの方法でも、窒化の前工程で黒皮のような厚い酸化皮膜が残っていないので窒化が効果的に鉄鋼線材に入る。そのため硬化層が深くなりその後のショットピーニングによる圧縮残留応力の付与が最表面部分から比較的深い部分まで圧縮残留応力が形成され、かつ表面に近い部分ほど大きい圧縮残留応力が付与される。このため、高強度でかつ高耐疲労のばねが製造できる。

【0015】

【実施例】以下本発明を、実施例で説明する。

（実施例1）本実施例で使用したばねの線材として、炭素0.65重量%（以下、%は特に明記されていない限り重量%を意味する。）、珪素1.36%、マンガン0.67%、燐0.007%、硫黄0.01%、クロム0.71%、バナジウム0.16%、残留鉄とからなる合金鋼を冷間伸線し、その後焼き入れ、焼き戻し処理し、引張り強度 $\sigma_B=2,130$ Mpaの合金鋼オイルテンパー線としたものを使用した。

【0016】その後この合金鋼オイルテンパー線を電解研磨し、黒皮状の厚い酸化皮膜及び表面傷の除去を行い、電解研磨線とした。この電解研磨線を冷間でコイルリングし、線径3.2mm、コイル中心径21.2mm、総巻数6.5巻、有効巻数4.5巻、自由長52mm、ばね定数23.54 N/mmのコイルばねに成形した。

【0017】その後、このコイルばねを450℃、15分間の低温焼鈍を行った後、座面を研削した。この座面を研削したコイルばねに、アンモニアガス雰囲気下で450℃、5時間のガス窒化処理を施した。これによりコイル表面に窒化層を形成した。その後、ショットピーニング処理を実施した。ショットピーニングは、2段階で行った。第1ショットピーニングは、直径0.8mm、Hv700のカットワイヤを使用し、70m/sの条件で30分間のショットピーニングを実施した。この後、第2ショットピーニングを実施した。第2ショットピーニングは、直径0.15mm、Hv800のスチールボールを使用し、投射圧力を5 kgf/cm²の条件で30分間のショットピーニングを実施した。

【0018】次いで225℃5分間の低温焼なましを実施して異常に大きな内部歪みを除去し、コイル表面に圧縮残留応力を付与して本実施例のコイルばねを得た。本実施例の方法で得られたコイルばねの特性を見るため、星型疲労試験機でコイルばねの耐久限を調べた。試験では、平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ 、試験回数 $N = 5 \times 10^7$ 回打ち切りとし、各応力振幅に対する折損回数を調べ、8個中8個が折損しない最大応力振幅で耐久限を測定した。本実施例の方法で製造されたコイルばねの耐久限は $\pm 560 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）であった。

【0019】なお、比較のために、同じ合金鋼を使用し、電解研磨を施さず電解研磨に代えて、窒化工程の前に酸化皮膜除去処理ショットピーニング（ $\phi 0.2 \text{ SB Hv } 500 \times 70 \text{ m/s} \times 15 \text{ 分}$ ）を施し、他は実施例と全く同じ工程でコイルばねを製造した。この比較のための非電解研磨線を用いて得たコイルばねの耐久限は $\pm 510 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）であった。

【0020】このように、本実施例の電解研磨線を使用したコイルばねは、非電解研磨線を使用したコイルばねに比較し耐久限が $+50 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）も大きかった。なお、本実施例の方法で得られたコイルばねが高い耐久限をもつ理由をさぐるため、電解研磨線を使用する本実施例の方法と、非電解研磨線を使用する比較例の方法における窒化処理後の窒化層の硬さ、および製造されたコイルばねの残留応力を測定した。

【0021】この窒化層の硬さは、窒化処理を施した後でショットピーニング前のコイルばねを切断し、断面上で表面から深部に向かってビッカース硬さを測定した。測定結果を図1に示す。本実施例の電解研磨線を用いたコイルばねのビッカース硬さ（Hv）と表面からの深さとの関係を黒丸（図中●）と破線で示す。同じように比較例の非電解研磨線を用いたコイルばねのビッカース硬さ（Hv）と表面からの深さとの関係を白丸（図中○）と実線で示した。

【0022】図1より明らかなように、本実施例の電解研磨線を用いたコイルばねの最表面の硬さが約Hv760と極めて高く、非電解研磨線を用いたコイルばねの最表面の硬さ約Hv720よりHvで40も異なっていた。なお、本実施例の電解研磨線を用いたコイルばねの表面部の硬さは表面より0.1mmの深さまで、非電解研磨線を用いたコイルばねの表面部の硬さより上回っている。0.1mmを越える深さの硬度については本実施例の電解研磨線を用いたコイルばねも非電解研磨線を用いたコイルばねも大きな差はなかった。

【0023】図1に示す窒化層の表層部の硬さは、電解研磨の有無により生じたことは明らかで、電解研磨を施すと窒化により表面部の硬さが一層向上する。実施例1

の電解研磨線を使用したコイルばねの圧縮残留応力の分布を調べた結果を図2に示す。本実施例の電解研磨線を用いたコイルばねの残留応力（MPa）と表面からの深さとの関係を黒三角（図中▲）で示す。同じように比較例の非電解研磨線を用いたコイルばねの残留応力（MPa）と表面からの深さとの関係を白三角丸（図中△）で示した。実施例の電解研磨線を用いたコイルばねの残留応力が表面で約 -930 MPa 、比較例の非電解研磨線を用いたコイルばねの残留応力が表面で約 -850 MPa であり、約 -80 MPa 程度の差が見られた。

【0024】この硬さおよび残留応力の差が製造されたコイルばねの耐久限の差になっているのであろうと考えられる。

（実施例2）本実施例は、実施例1で使用した合金鋼に代えてJIS規格のSWOSC-V鋼材（炭素0.57重量%、珪素1.42%、マンガン0.67%、燐0.012%、硫黄0.005%、クロム0.72%、残部鉄）を冷間伸線し、その後焼き入れ、焼き戻し処理し、引張り強度 $\sigma_B = 1,961 \text{ MPa}$ の合金鋼オイルテンパー線としたものを使用した。そして実施例1と全く同じ工程を実施してコイルばねを製造した。

【0025】この実施例2の製造方法で製造されたコイルばねの耐久限は $\pm 530 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）であった。なお、比較のために、本実施例で使用したものと同一合金鋼を使用し、電解研磨を施さず電解研磨に代えて、窒化工程の前に酸化皮膜除去処理を施し、他は本実施例と全く同じ工程でコイルばねを製造した。

【0026】この比較のための非電解研磨線を用いて得たコイルばねの耐久限は $\pm 470 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）であった。このように、本実施例の電解研磨線を使用したコイルばねは、非電解研磨線を使用したコイルばねに比較し耐久限が $+60 \text{ MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637 \text{ MPa}$ ）も大きかった。

【0027】（実施例3）本実施例では、実施例1で使用したのと同じ合金鋼を冷間伸線し、その後焼き入れ、焼き戻し処理し、実施例1と同じ、引張り強度 $\sigma_B = 1,961 \text{ MPa}$ の合金鋼オイルテンパー線としたものを使用した。この合金鋼オイルテンパー線を実施例1と全く同様に電解研磨し、黒皮状の厚い酸化皮膜及び表面傷の除去を行い、電解研磨線とした。この後、実施例1と全く同様にこの電解研磨線を冷間でコイル成形した。

【0028】その後、実施例1の低温焼鈍、座面研削に代えて、コイルばねを脱脂した。この脱脂工程は有機系溶剤（例えば代替フロン、ケトン類、アルコール類など）により行った。その後、実施例1と全く同様に窒化を実施した。そして窒化処理されたコイルばねの座面研削を実施した。その後実施例1と全く同様に2段階のショットピーニングおよび低温焼鈍を施し、コイルばねを

製造した。

【0029】本実施例の方法で得られたコイルばねの特性を見るため、実施例1と同じ方法でコイルばねの耐久限を調べた。本実施例の製造方法で製造されたコイルばねの耐久限は $\pm 565\text{MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637\text{MPa}$ ）であった。なお、比較のために、本実施例で使

用したのと同じ合金鋼を使用し、電解研磨を施さず電解研磨に代えて、窒化工程の前に酸化皮膜除去処理（ $\phi 0.2\text{SBHv}500 \times 70\text{m/s} \times 15\text{分}$ ）を施し、他は実施例と全く同じ工程でコイルばねを製造した。

【0030】この比較のための非電解研磨線を用いて得たコイルばねの耐久限は $\pm 510\text{MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637\text{MPa}$ ）であった。このように、本実施例の電解研磨線を使用したコイルばねは、非電解研磨線を使用したコイルばねに比較し耐久限が $+55\text{MPa}$ （平均応力 $\sigma_m = 637\text{MPa}$ ）も大きかった。

（実施例4）本実施例は、実施例3で使

10

用した合金鋼に代えて実施例2で使

20

用したのと同じ、JIS規格のSWOSC-V鋼材（炭素0.57重量%、珪素1.42%、マンガン0.67%、

【0033】

【発明の効果】本発明の高強度ばねの製造方法では、従来使われていたオイルテンパー線に電解研磨を施し窒化の前までに黒皮の厚い酸化皮膜を除去するため、窒化がより効果的により深く行われる。それで次の工程でのショットピーニングによる圧縮残留応力の付与が最表面部分

【0034】また本発明の高強度ばねの製造方法では、従来使われていたオイルテンパー線に電解研磨を施し表面の研磨による微小な疵の除去を行ない、且つ窒化前の表面積活性化ショットを実施せず窒化による硬度を増した

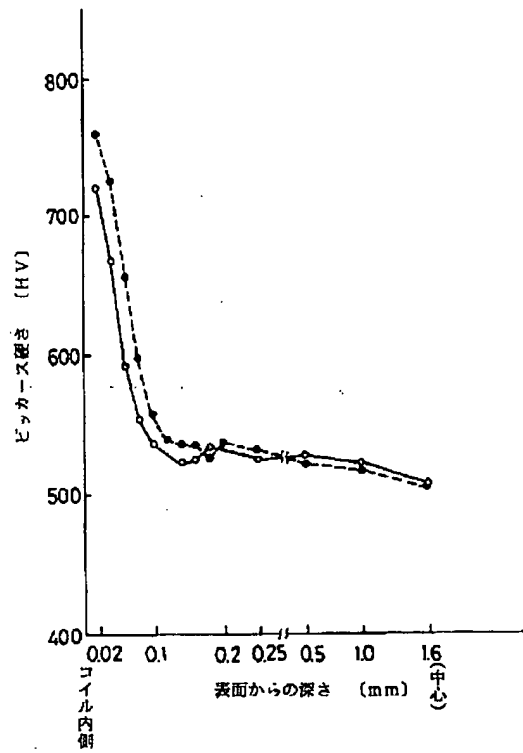
【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1の電解研磨線を使用したコイルばねと従来の非電解研磨線を使用したコイルばねの窒化による表面から内部への硬さの分布を示す線図。

【図2】実施例1の電解研磨線を使用したコイルばねと従来の非電解研磨線を使用したコイルばねの表面から内部への圧縮残留応力の分布を示す線図。

30

【図1】



【図2】

